



JUNT@SADISTÂNCIA

Palestras on-line, ao vivo e com certificado



CRATERAS DE IMPACTO METEORÍTICO: PORQUE ESTUDÁ-LAS?

Alvaro P. Crósta

TÓPICOS DA PALESTRA

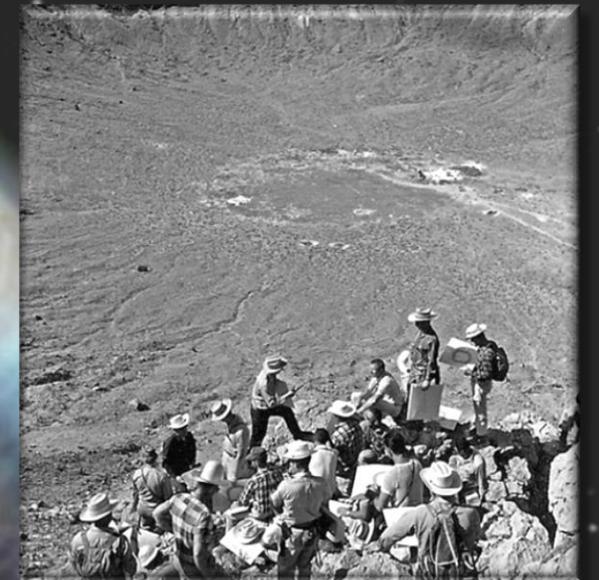
- Impactos cósmicos: Um processo geológico
- Crateras de impacto meteorítico: O que são e para que servem
- Crateras terrestres
 - Crateras no Brasil
- Crateras lunares
- Crateras em Marte
- Mineração espacial
- Buscando vida no Sistema Solar: Astrobiologia e Astrogeologia

O impacto de asteroides é o mais fundamental dentre todos os processos geológicos que ocorrem nos corpos planetários. Sem eles, a Terra, Marte, Vênus e Mercúrio, entre outros, não existiriam. Impactos de corpos menores são o processo pelo qual esses planetas se formaram
(*Eugene Shoemaker, 1977*).



E. Shoemaker (1928-1997)

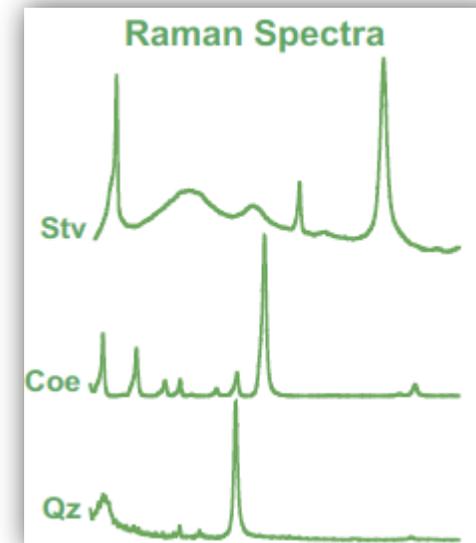
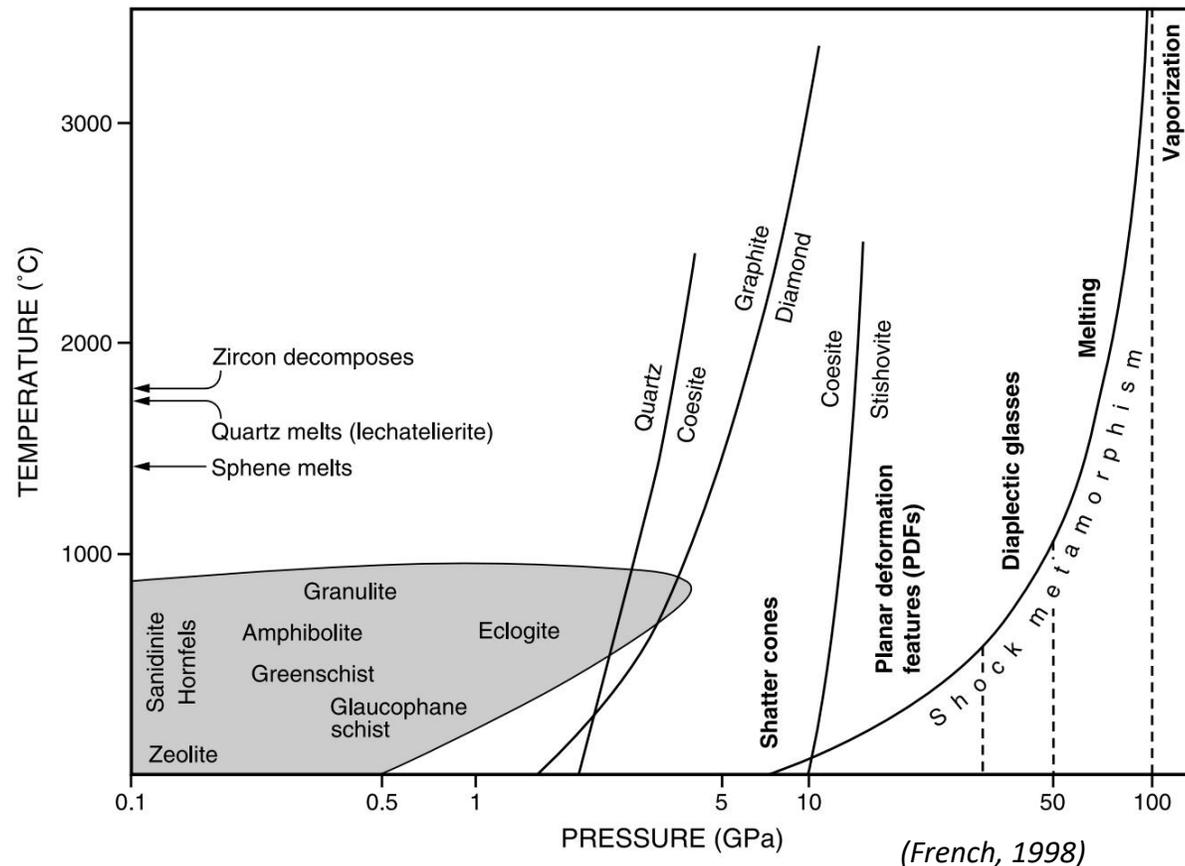
- O estudo de crateras de impacto pode resultar em enorme quantidade de informações úteis, como **idades, reologia e taxa de erosão de superfícies planetárias**.
- Na Terra, servem para explicar **ciclos de extinção em massa da vida** (ex., limite K-Pg)
- Possuem potencial associado de **recursos minerais**; 10% das crateras de impacto terrestres são exploradas para algum tipo de recurso (exs., **Ni de Sudbury, Canadá; petróleo/gás em Chicxulub, México**).
- Considerável potencial para implantação de **Geoparques, museus a céu aberto e atividades ligadas ao geoturismo e ao patrimônio geológico**
- Em outros corpos planetários são o **alvo preferencial pela busca de formas de vida extraterrestre** e servem de **“janelas” para analisar a geologia de sub-superfície**.



Shoemaker treinando astronautas da NASA na Meteor Crater

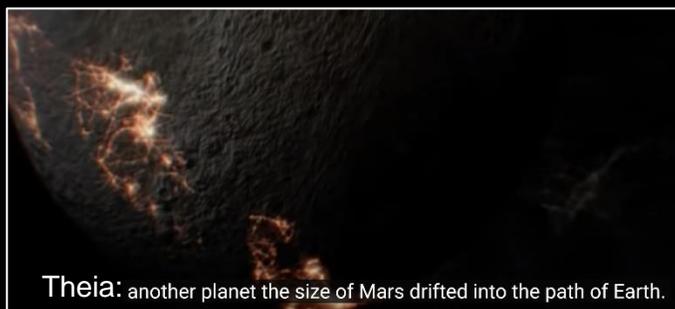
IMPACTOS METEORÍDICOS: UM PROCESSO GEOLÓGICO EXTREMO

- Eventos raros no registro geológico terrestre
- Efeitos extremamente rápidos
- Envolvem energia extremamente elevadas, liberadas localmente.
- Condições físicas extremas
- Produzem deformações específicas e de caráter permanente



Reimold & Jourdan, 2012. *Elements*, (8): 19–24

O NASCIMENTO DA LUA: UM PROCESSO DE IMPACTO OCORRIDO HÁ 4,5 GA



CRATERAS DE IMPACTO: ESTRUTURAS GEOLÓGICAS ONIPRESENTES NO SISTEMA SOLAR



Vênus



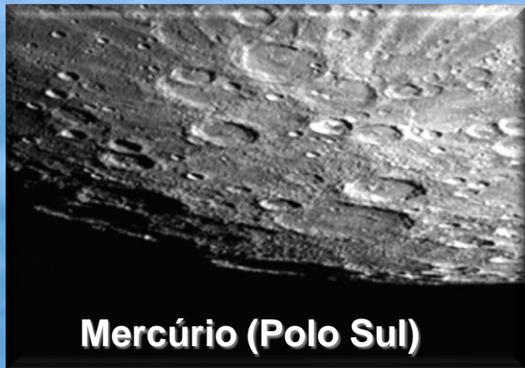
Thetys (Saturno)



Giordano Bruno (Lua)



Tycho (Lua)



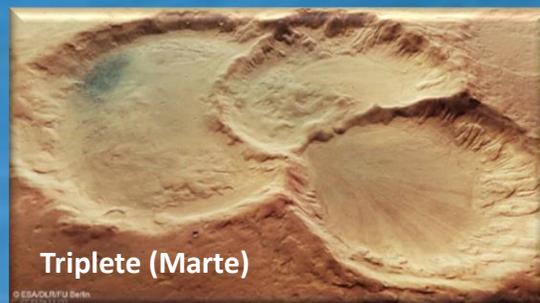
Mercúrio (Polo Sul)



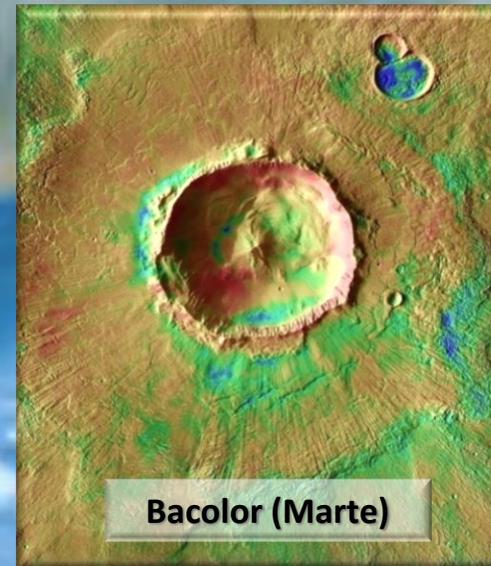
Mimas (Saturno)



Vesta



Triplete (Marte)



Bacolor (Marte)



Cratera Com Gelo (Marte)

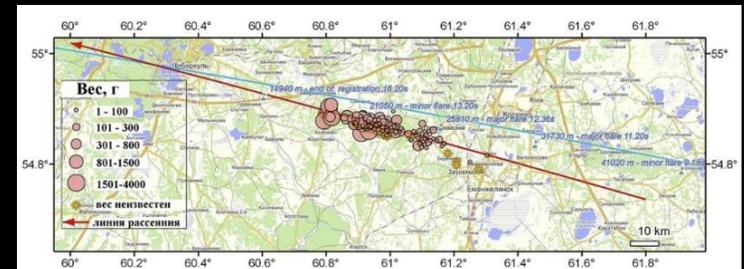
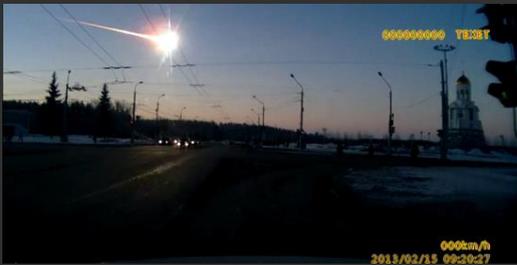
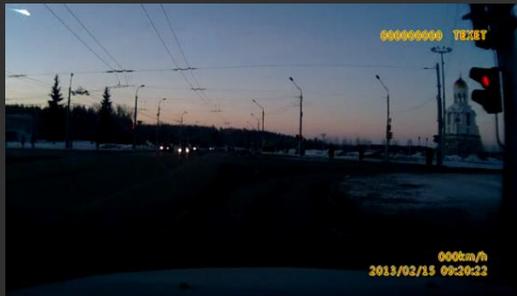
IMPACTO DO COMETA SHOEMAKER-LEVY CONTRA JÚPITER

16 A 22 DE JULHO DE 1994



A primeira observação direta de um impacto de grandes dimensões no Sistema Solar

Chelyabinsk, Rússia – 15 Fev. 2013

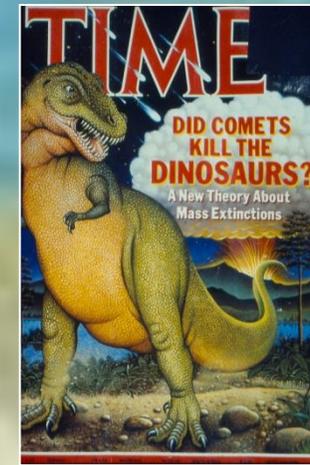
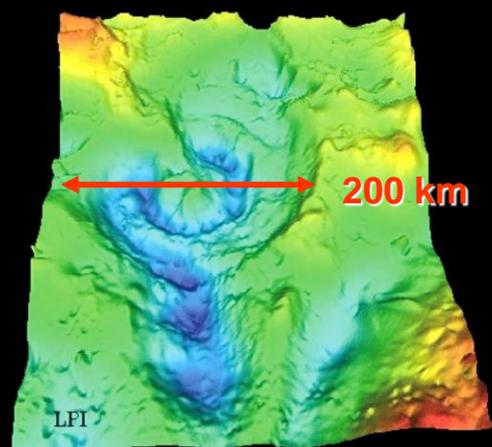


CRATERA DE CHICXULUB, YUCATÁN, MÉXICO

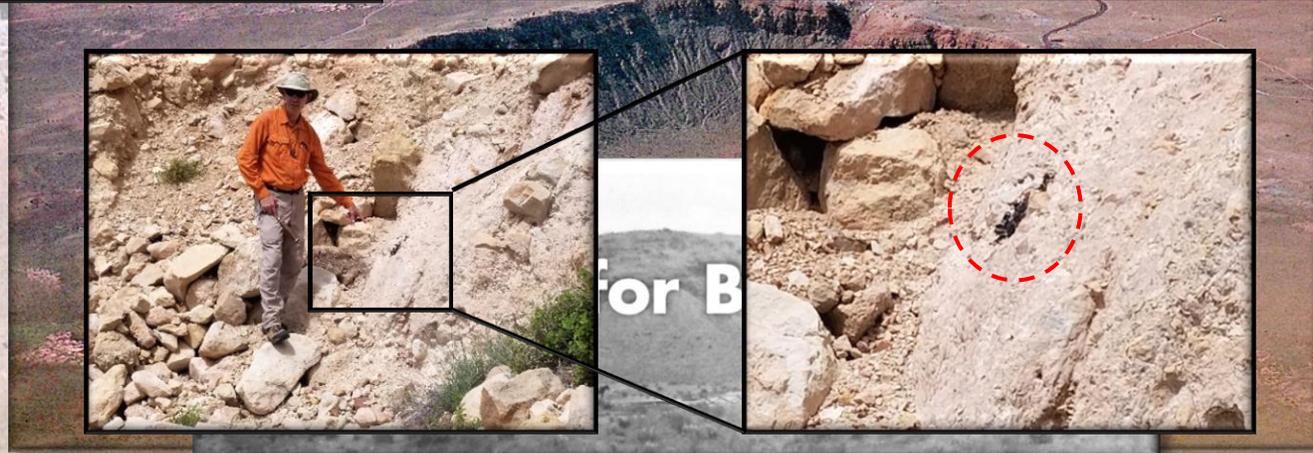
DIÂMETRO: ~200 KM - IDADE: 66 MA

A “Teoria Alvarez” e o Limite K-Pg

- Em **1978** Walter Alvarez, estudando sedimentos carbonáticos no Limite K-Pg na região de Gubbio, Itália, encontrou uma camada enriquecida no elemento Ir. Camadas similares foram posteriormente encontradas por outros pesquisadores em diferentes locais do mundo.
- Em **1980** Walter e Luiz Alvarez propuseram que o evento de extinção em massa que marcou o Limite K-Pg há 66 Ma teria sido causado pelo impacto de um enorme asteroide ou cometa contra a Terra.
- Em **1991** a Cratera Chicxulub foi descoberta no Golfo do México, com idade de 66 Ma.



METEOR/BARRINGER CRATER (ARIZONA)



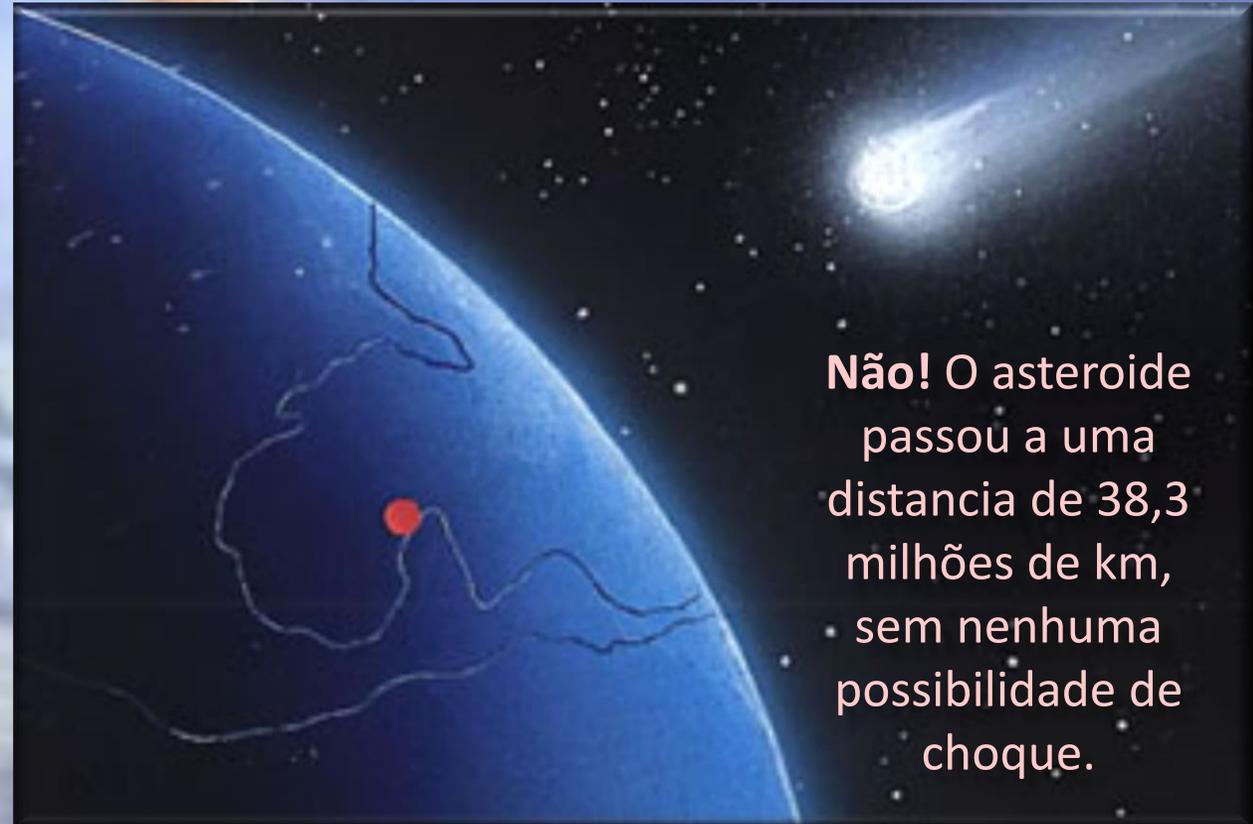
O CINTURÃO DE ASTEROIDES DO SISTEMA SOLAR



ASTEROIDES PODEM SE CHOCAR CONTRA A TERRA?

07/10/2020

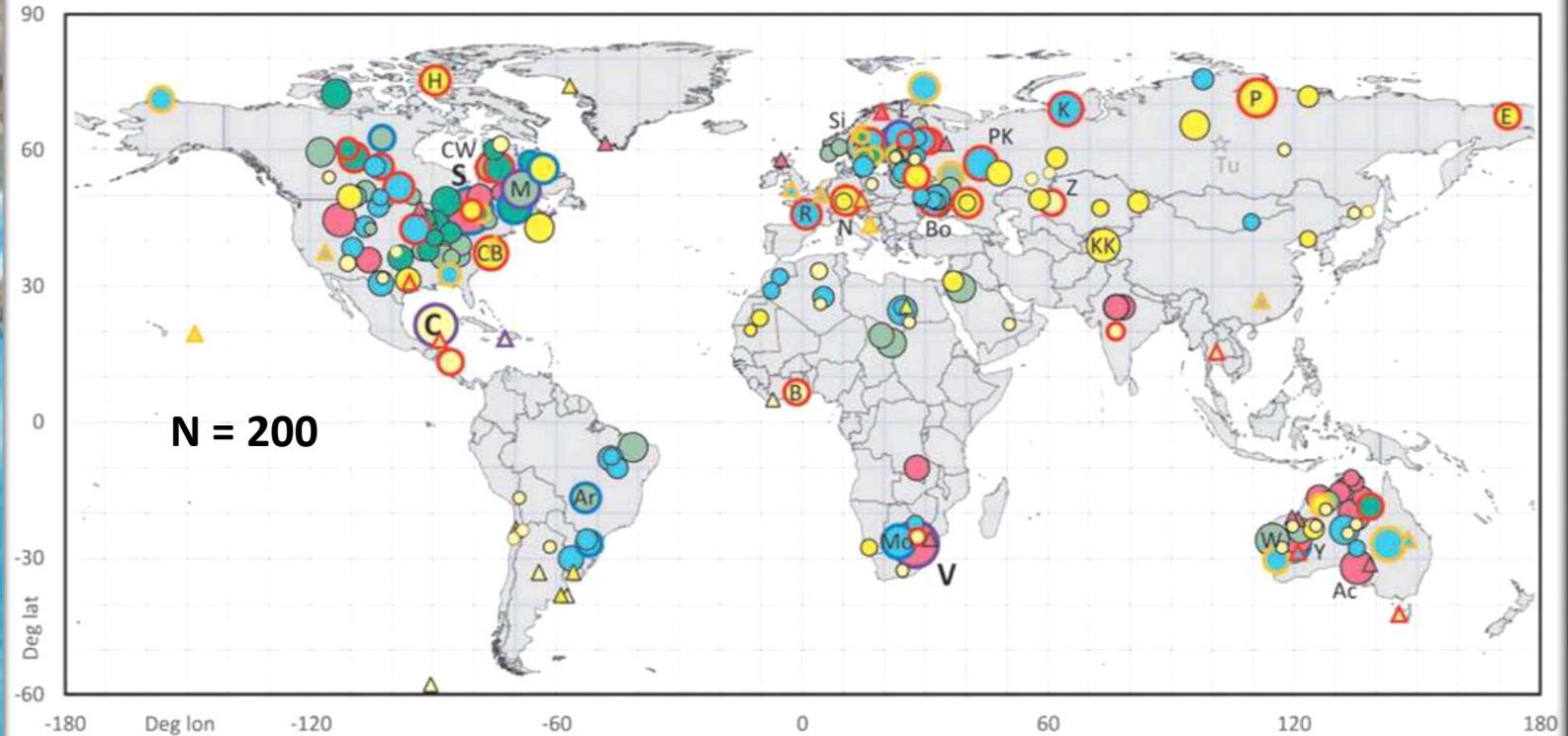
Um asteroide maior do que um avião Boeing 747 encontra-se na direção da Terra a uma velocidade de 6.68 km/s (24 mil km/h). O asteroide 2020 RK2 cruzará a órbita



Não! O asteroide passou a uma distancia de 38,3 milhões de km, sem nenhuma possibilidade de choque.

Choques METEORÍTICOS do Passado da Terra

EARTH'S IMPACT EVENTS THROUGH TIME



N = 200

- Quaternary impact structures (<2.6 Ma)
- Cenozoic impact structures (2.6 – 66 Ma)
- Mesozoic impact structures (66 – 252 Ma)
- Paleozoic impact structures (252 – 541 Ma)
- Ordovician (and very likely Ordovician) impact structures (~443 – 485 Ma)
- Precambrian impact structures (>541 Ma)

Schmieder & Kring, 2020

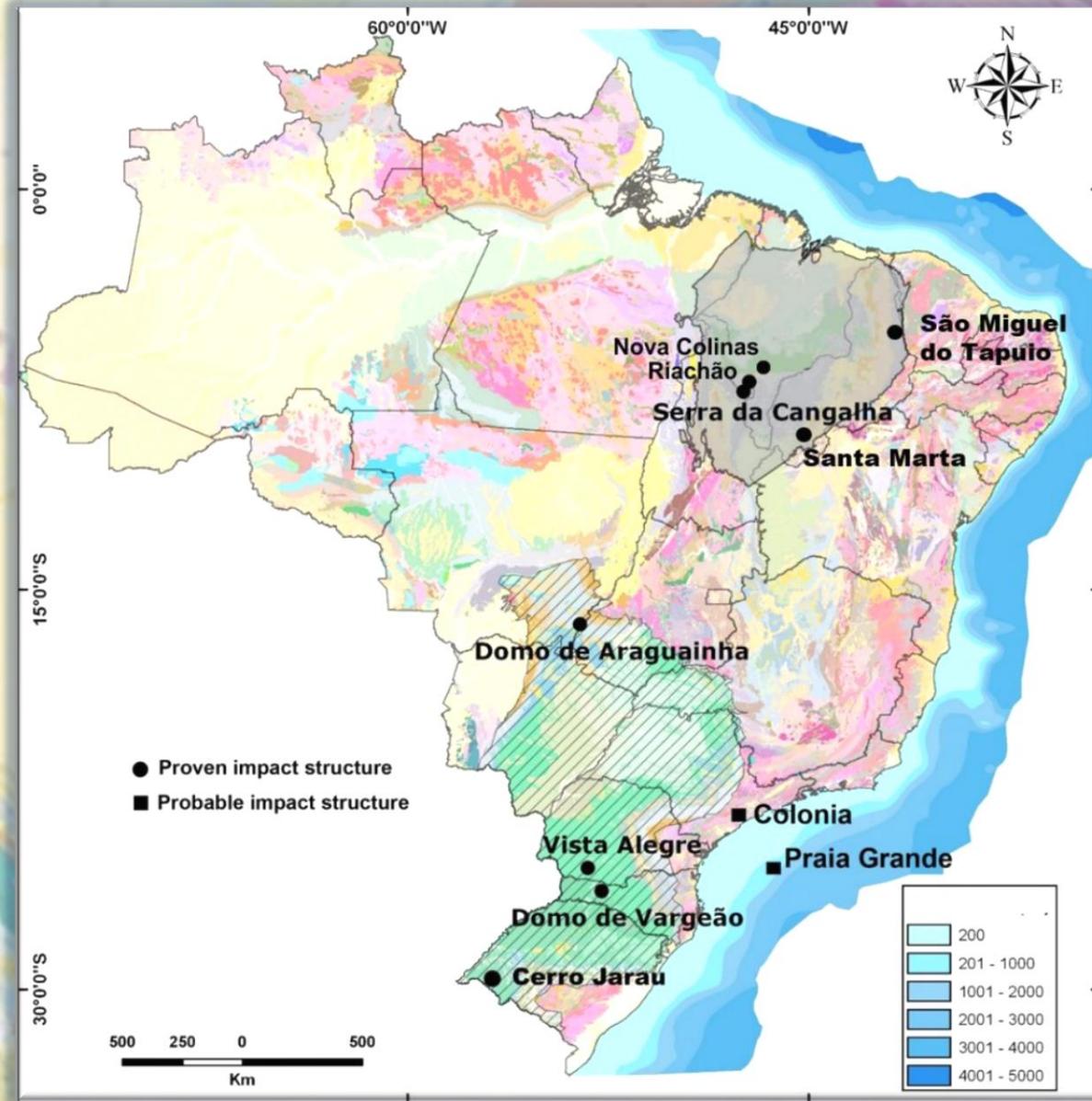
Diameter of impact structure

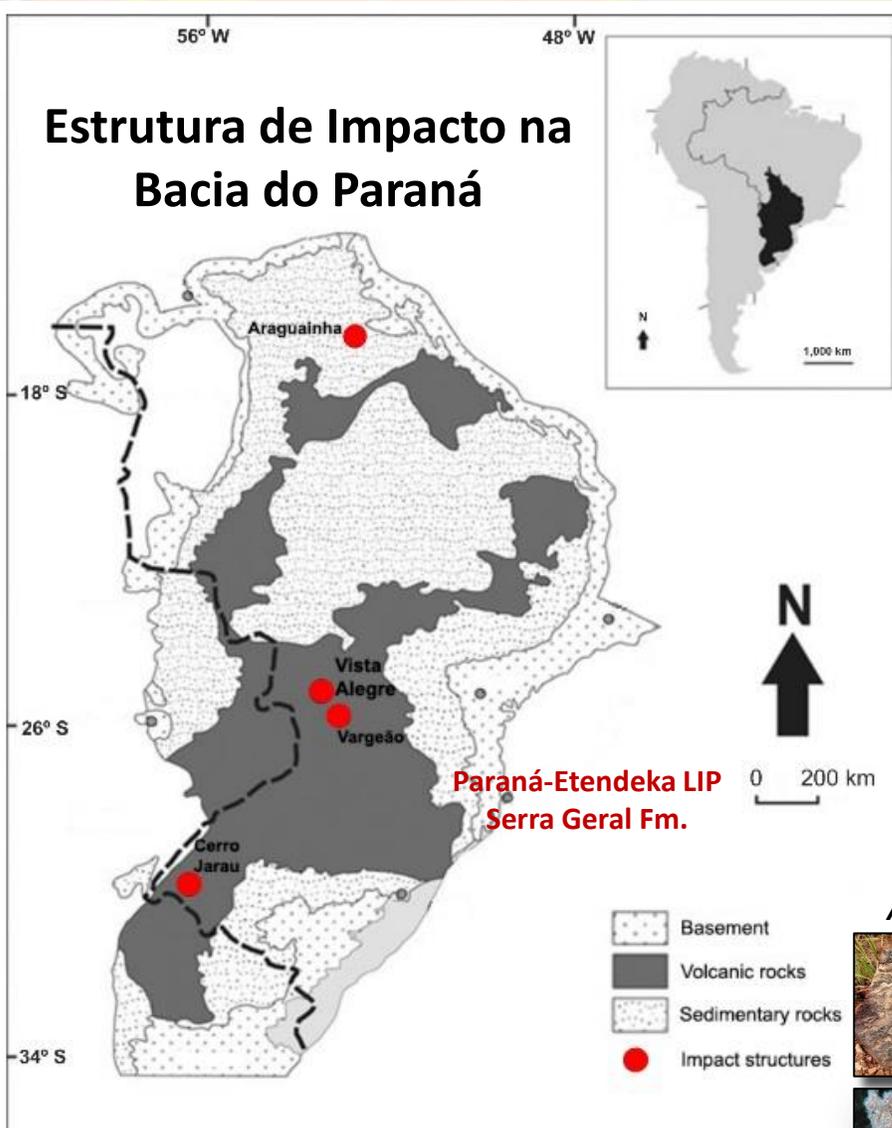
- >200 km
- 199–100 km
- 99–50 km
- 49–20 km
- 19–10 km
- 9.9–5 km
- 4.9–1 km
- <1 km

Well-established crater ages

- U–Pb
- Ar–Ar
- U–Pb and Ar–Ar
- Stratigraphic
- Pit(s), funnel(s), hole(s)
- Impact deposits (same scheme applies)

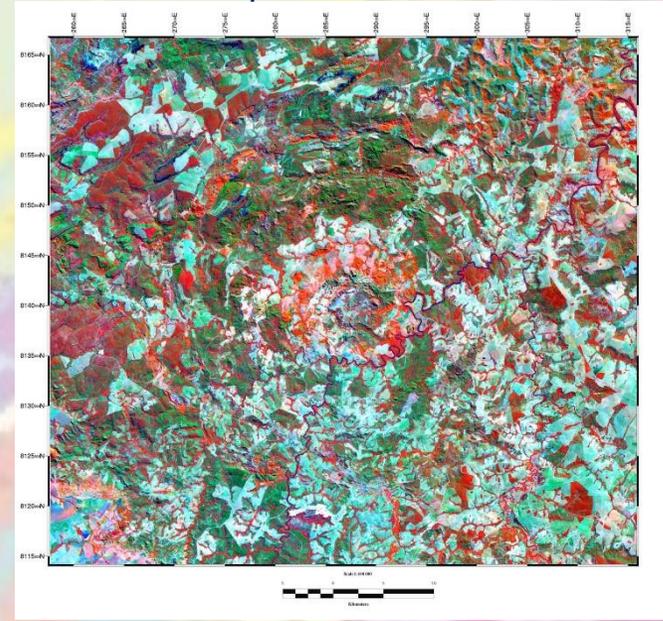
CRATERAS NO BRASIL





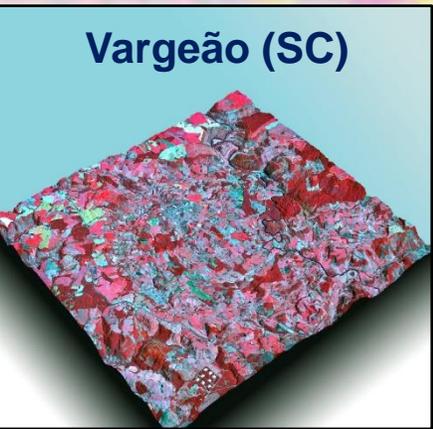
Estrutura de Impacto na Bacia do Paraná

Araguainha: a maior estrutura de impacto da Am. Sul



Diâmetro 40 km

Rochas-alvo: Granito e filito do Proterozóicos; rochas sedimentares do Paleozóico da Bacia do Paraná
Idade: 254.7±2.5 Ma



Feições diagnósticas de deformação por impacto meteorítico encontradas nas estruturas da Bacia do Paraná

D = 10 km

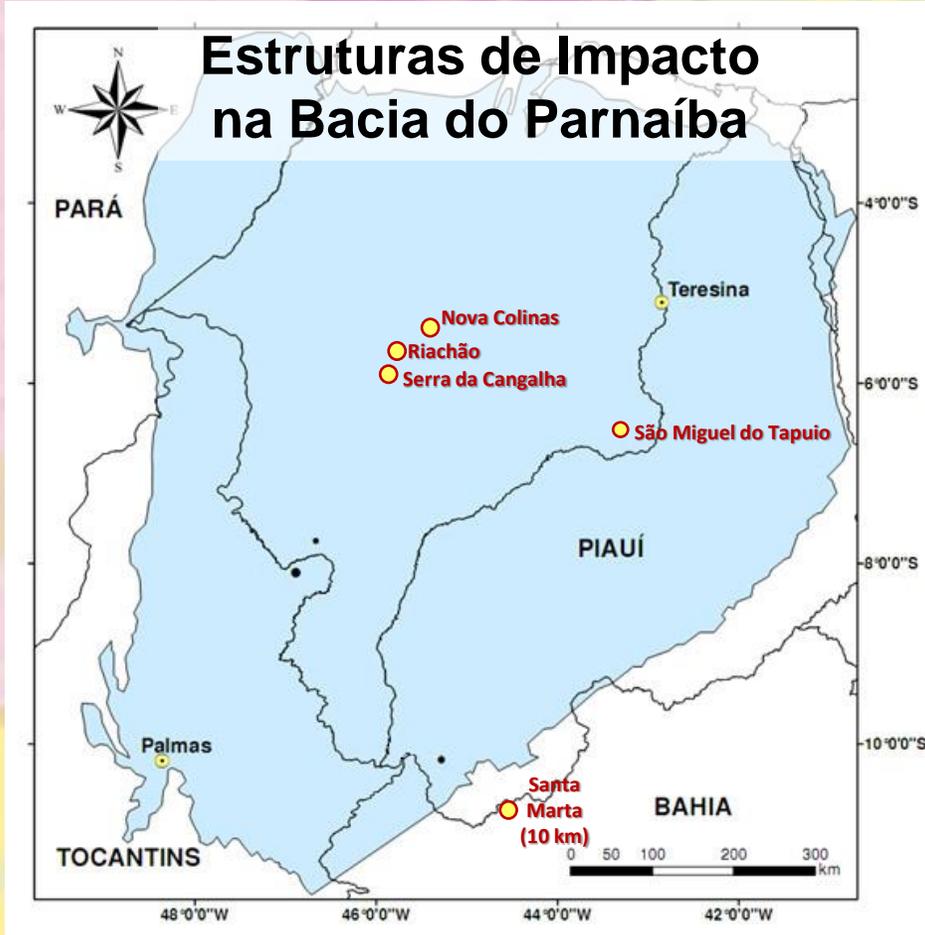
D = 12,5 km

D = 13 km

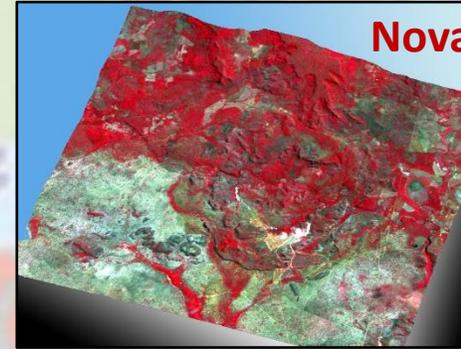
- Crateras de impacto são sítios preferenciais para estudos de geologia planetária.
- Por terem se formado majoritariamente sobre basaltos, as três crateras do sul do Brasil são propícias para o desenvolvimento de estudos de análogos em outros corpos planetários (Marte, Lua).

Rochas-alvo: seqüências vulcânicas cretáceas da Fm. Serra Geral (Paraná LIP, e seqüências sedimentares subjacentes (arenitos Pirabóia/Botucatu).

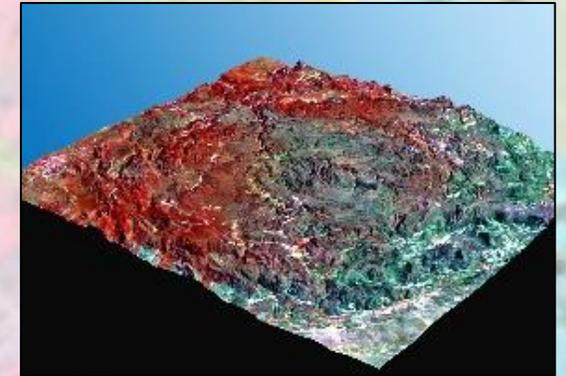
Cinco estruturas confirmadas: Serra da Cangalha (TO), Riachão (MA), Santa Marta (PI), São Miguel do Tapuio e Nova Colinas (AA)



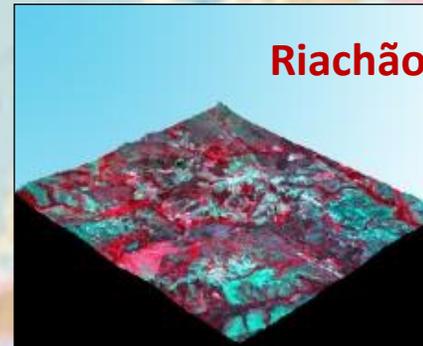
Rochas-alvo: predominantemente rochas sedimentares siliciclásticas (arenitos) do Permo-Triássico



Nova Colinas (d=5 km)



São Miguel do Tapuio (d=20 km)



Riachão (d=4.5 km)



Serra da Cangalha (d=13.7 km)

Santa Marta (d=10 km)

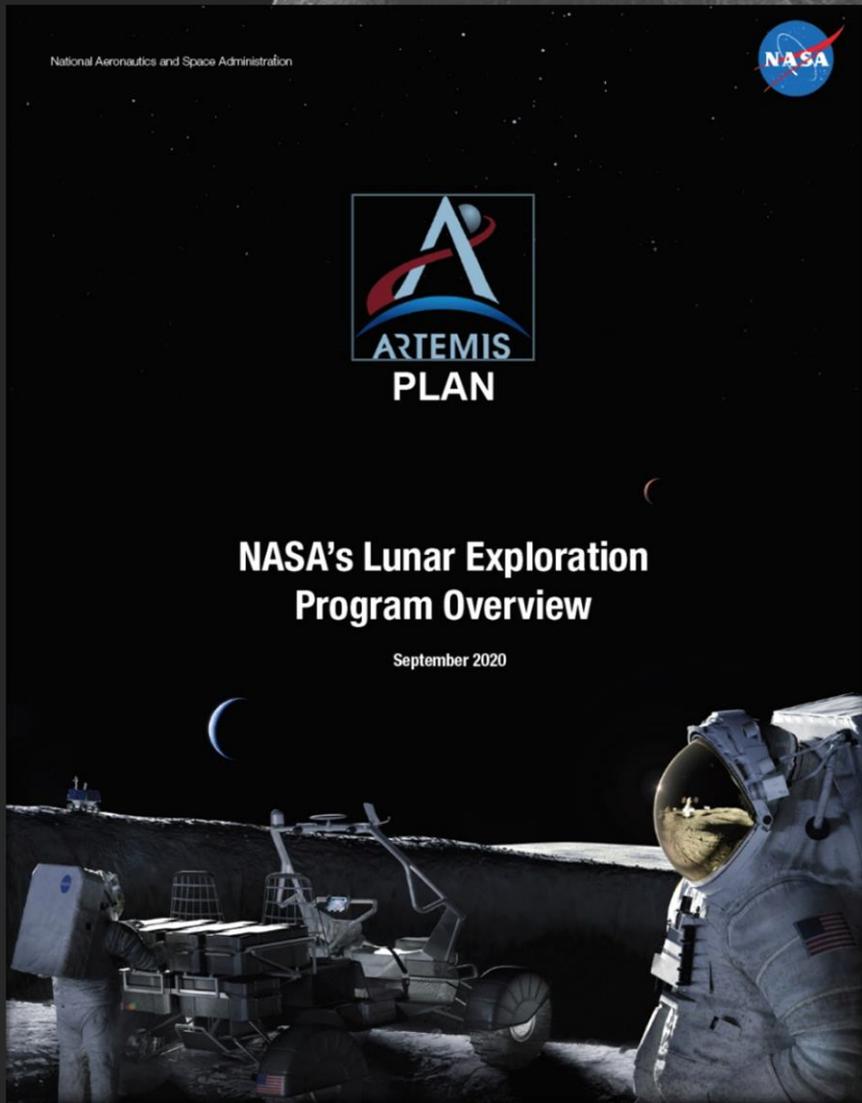




K. Teague/NASA

SN

LUA: O PRÓXIMO CORPO CELESTE A SER REVISITADO PELO SER HUMANO



Objetivos Científicos

- Análise dos processos planetários da Lua.
- Análise do ciclo de compostos voláteis.
- Interpretação dos registros de impactos meteoríticos do Sistema Terra-Lua.
- Observação do Universo a partir de um ponto privilegiado.
- Condução de experimentos científicos no ambiente lunar.
- Investigação e mitigação de riscos aos seres humanos no ambiente lunar.

Lançamento previsto
para 2024

Estratégias

- Conduzir trabalho de geologia de campo
- Coleta de amostras e envio à Terra
- Instrumentos para caracterização dos ambientes de superfície e sub-superfície.
- Acesso às regiões mais frias da Lua.
- Acesso ao lado distante da Lua.

LUA: O ÚNICO CORPO CELESTE ALÉM DA TERRA VISITADO POR UM GEÓLOGO

Artemis



Sept. 21, 2020
RELEASE 20-092

NASA Publishes Artemis Plan to Land First Woman, Next Man on Moon in 2024



Following a series of critical contract awards and hardware milestones, NASA has shared an [update](#) on its Artemis program, including the latest Plan to land the first woman and the next man on the surface of the Moon in 2024.

In the 18 months since NASA accepted a bold challenge to accelerate its exploration plans by more than four years and establish sustainable exploration by the end of the decade, the agency has continued to gain momentum toward sending humans to the Moon again for the first time since the last Apollo mission in 1972.

O próximo ser humano a pisar na Lua será uma astronauta mulher.



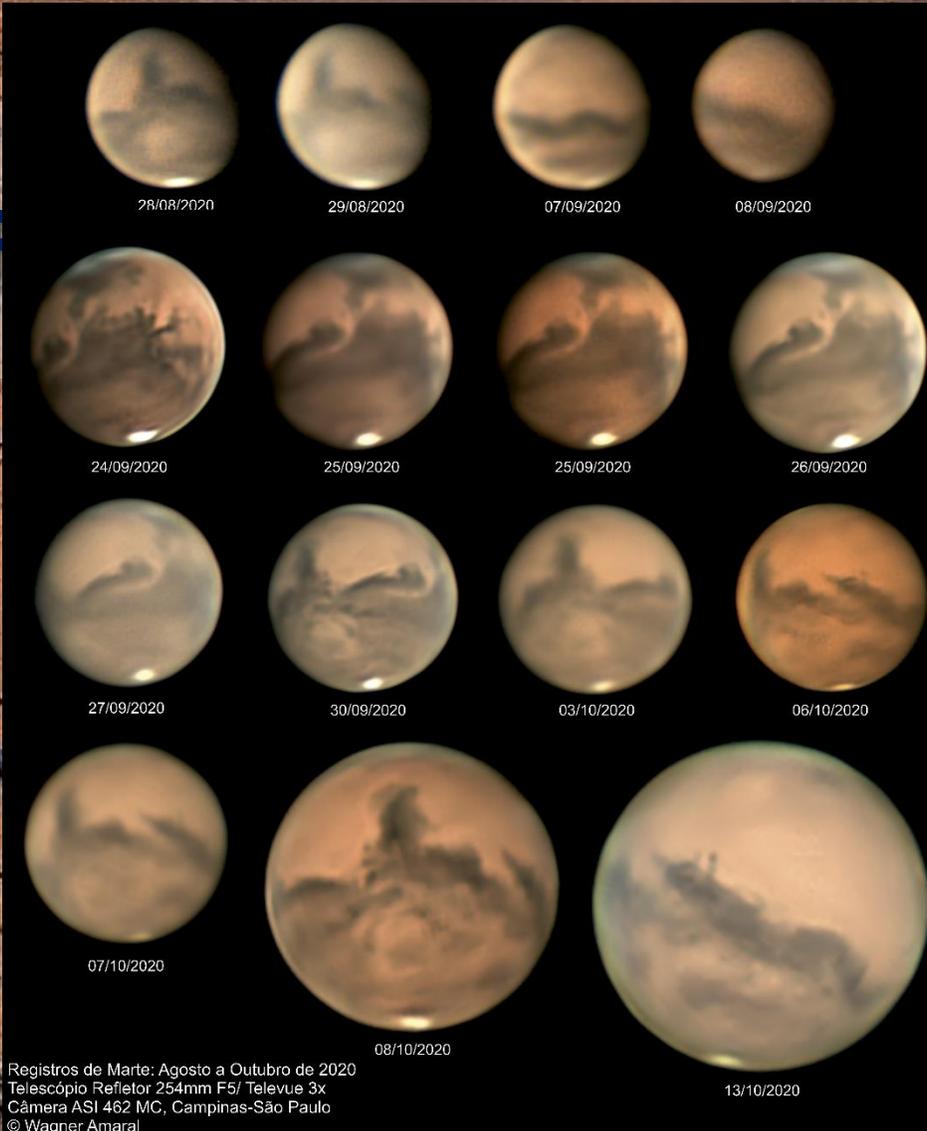
WWW.NEWS.CN

Advanced Space Suit Engineer Kristine Davis displays the Exploration Extravehicular Mobility Unit (xEMU) spacesuit at NASA headquarters in Washington D.C., the United States, on Oct. 15, 2019. The U.S. space agency NASA unveiled on Tuesday the next-generation spacesuits to be used in its Artemis program that will send the first woman and next man to the Lunar South Pole by 2024. (Xinhua/Liu Jie)

MARTE: O ÚNICO PLANETA HABITADO EXCLUSIVAMENTE POR ROBÔS...

...E O PR

O HOMEM.



CRATERAS METEORÍTICAS: LOCAL PREFERIDO PARA ESTUDOS DE GEOLOGIA PLANETÁRIA



250 m

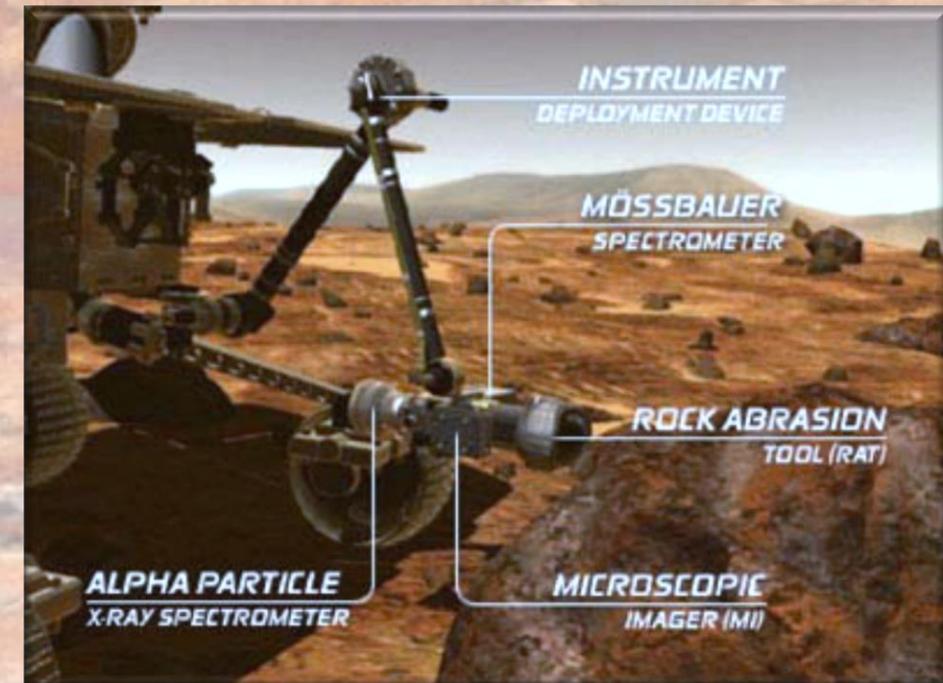
- As crateras de impacto são também chamadas de “**sonda dos geólogos planetários**”, pois permitem examinar as rochas abaixo da superfície, sem que seja necessário perfurar.
- Marte tem **mais de 600 mil crateras**, de todos os tipos e dimensões.
- Por meio delas, é possível **ter acesso às camadas em sub-superfície** da crosta de Marte.
- Esta imagem, da câmera HiRISE do satélite Mars Reconnaissance Orbiter, mostra a **parede interior de uma cratera de impacto**.

Spirit e Opportunity: Os robôs geólogos gêmeos

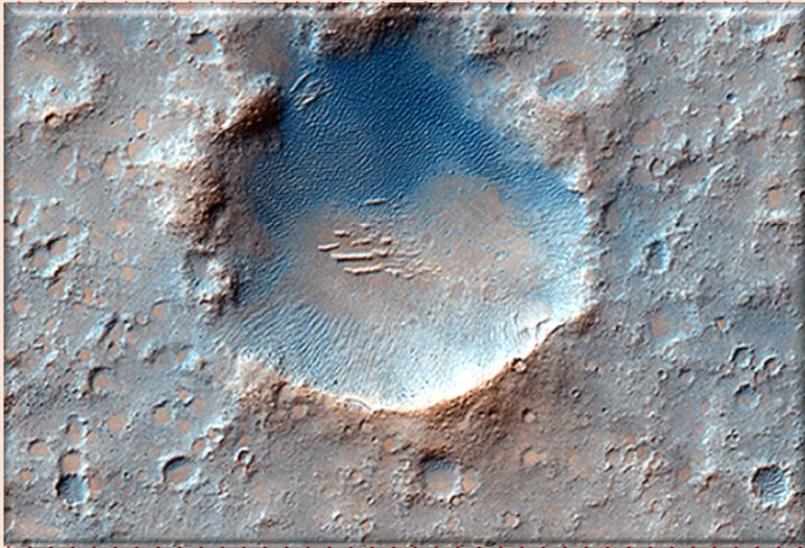


- Objetivos:

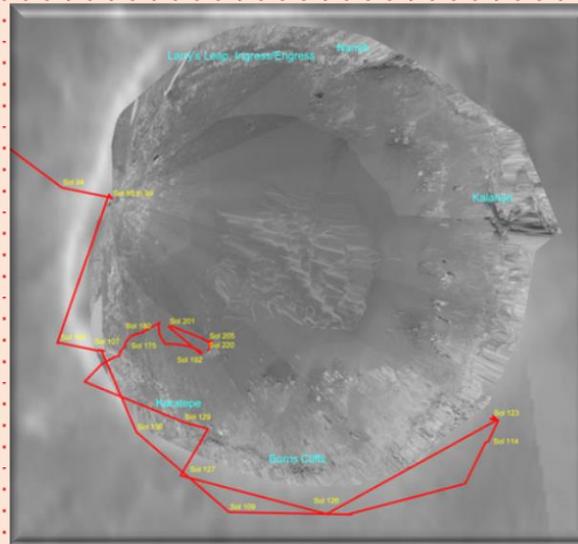
- Busca de evidências de processos geológicos tais como transporte, precipitação e sedimentação, assim como atividade hidrotermal, relacionados à presença de água em Marte.
- Determinar a distribuição e a composição de minerais, rochas e solos nas respectivas regiões de pouso.



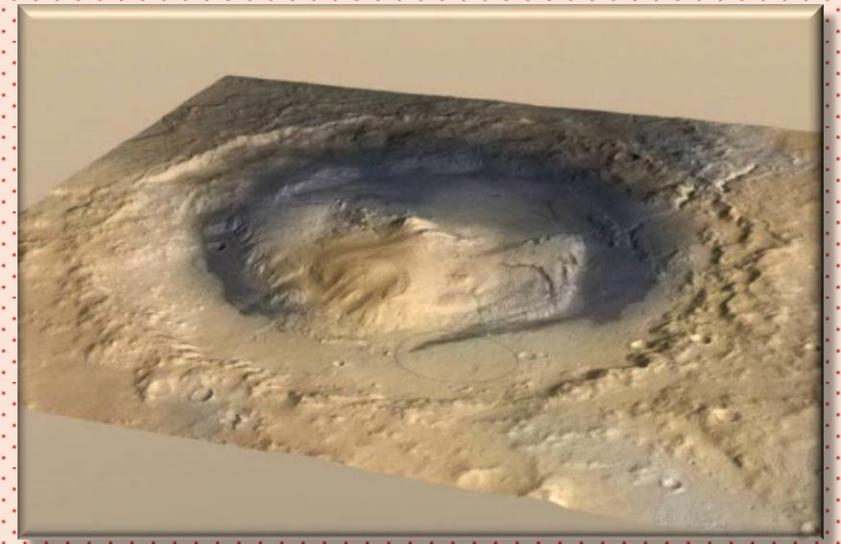
CRATERAS VISITADAS/AMOSTRADAS



Cratera Gusev - Spirit (d=166 km)



Cratera Endurance - Opportunity (d=130 m)



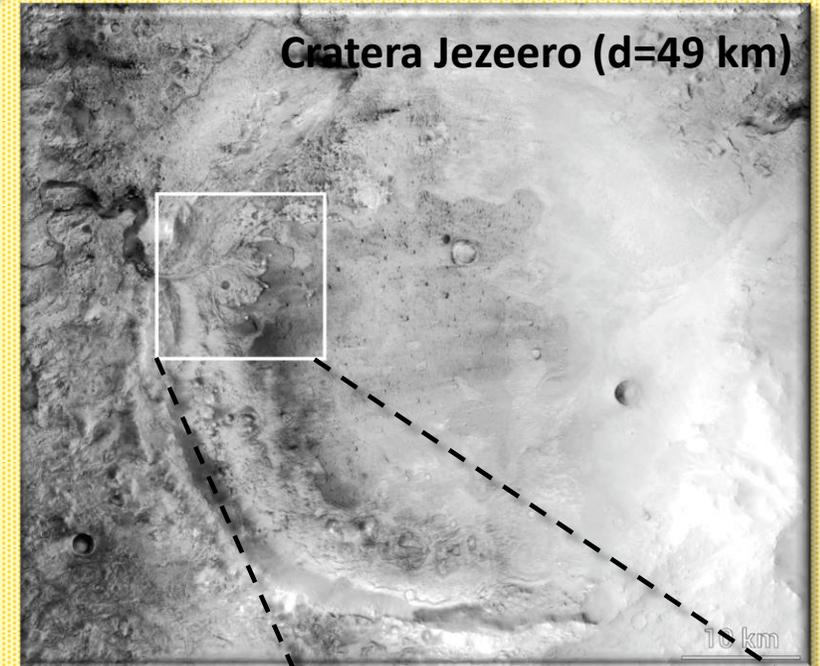
Cratera Gale - Opportunity (d=150 km)



Cratera Eagle - Opportunity (d=22 m)

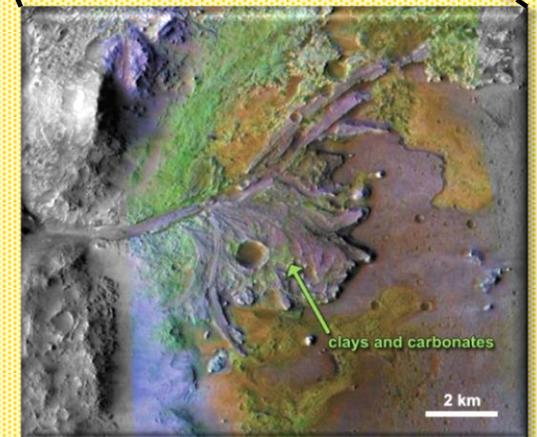
MARS 2020: Cratera Jezero

Lançado com sucesso em 30Jul2020 – Chegada a Marte em 18Fev2021

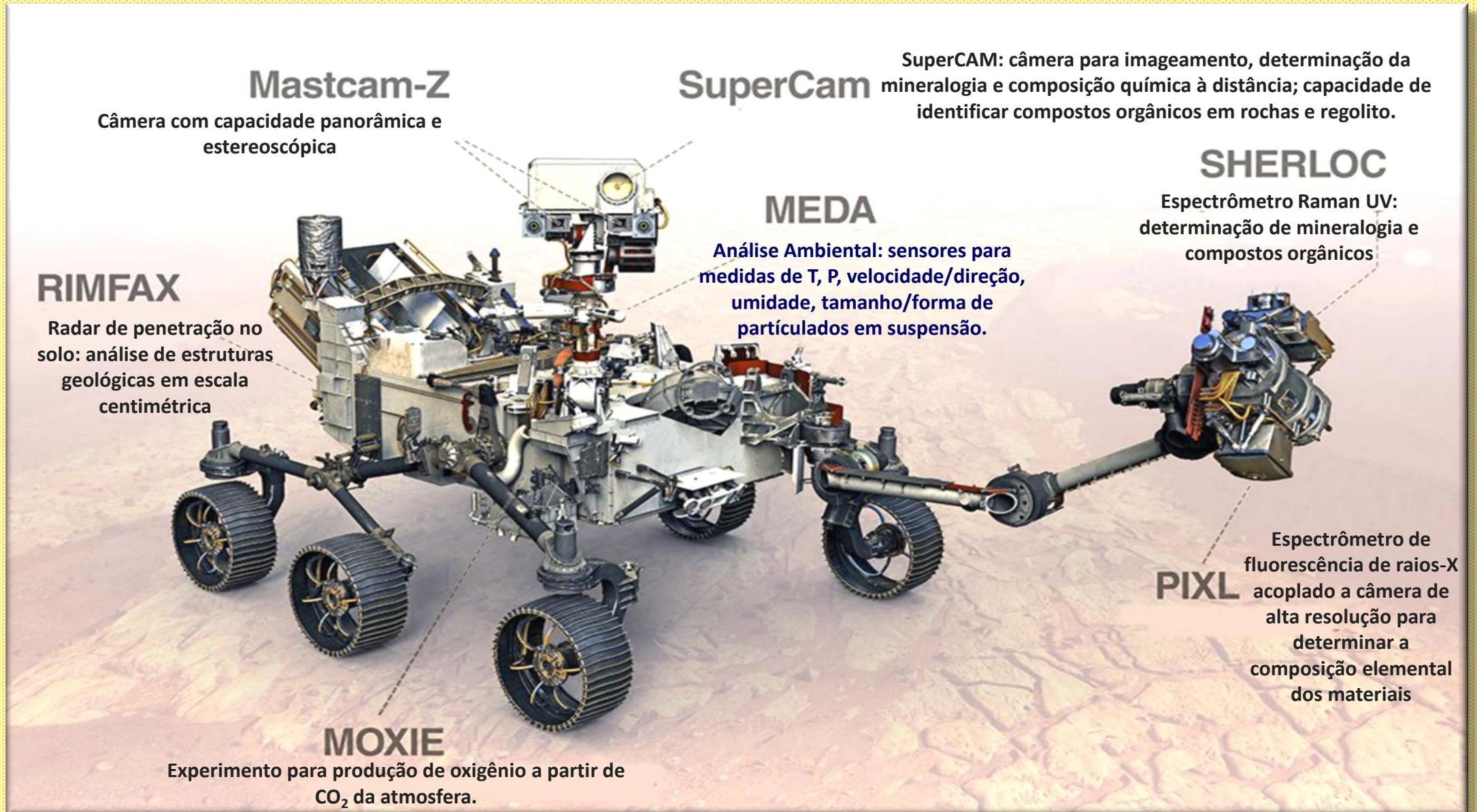


Objetivos científicos:

- **Geologia:** Analisar a composição das rochas e estudar as paisagens da região de pouso para desvendar a sua história geológica. Essa cratera pode ter sido um lago e tem um leque aluvial rico em argilas.
- **Astrobiologia:** Determinar se essa área teve condições para o desenvolvimento de vida e buscar evidências de formas de vida antigas nas camadas de rocha.
- **Preparar a Ida de Seres Humanos:** Testar tecnologias que possam



MARS 2020: Capacidade analítica a bordo do Perseverance



Mineração espacial: Os primeiros passos

China to Launch Space Mining Bot

Chinese company sets out first steps towards extracting space resources

By Andrew Jones



- ***Origin Space***, uma empresa privada chinesa, planeja lançar um “robô minerador espacial” em Nov. 2020.
- Esse robô não fará mineração, mas servirá para testar tecnologias a serem futuramente usadas na extração de minério.
- Estima-se que o mercado futuro de mineração espacial irá movimentar ~1 trilhão de dólares. Já existem várias empresas estabelecidas com esse mesmo objetivo.
- O objetivo de empresas como essa é a extração de metais raros e muito valiosos, como platina, irídio e paládio da Lua e de asteroides.
- A NASA lançou em Set. 2020 um edital para contratar empresa que se comprometer a coletar uma amostra da Lua (~500 g) até 2024, pela qual a agência especial pagará até \$25 mil.

Uma nova área da Geologia?
(muitos desafios a serem ainda vencidos!)



MINERAÇÃO ESPACIAL: PSYCHE

Lançamento previsto: 2022

Psyche é um dos mais intrigantes dentre os corpos do Cinturão de Asteroides. Além da sua enorme dimensão, ele é **90% metálico e 10% silicático**. Em sua composição predominam Fe e Ni, mas também tem outros metais, inclusive metais nobre (EGP, Co, Ga, entre outros).



Psyche: asteroide metálico tipo M
226km de diâmetro

OBSERVER

NASA Discovers a Rare Metal Asteroid That's Worth \$10,000,000,000,000,000,000

By [Sissi Cao](#) • 10/27/20 12:34pm



An artist's rendering of NASA's Psyche spacecraft.
Arizona State University

estrutura interna dos

é impossível, um análogo ideal

desconhecido, formado

planetário

asteroide

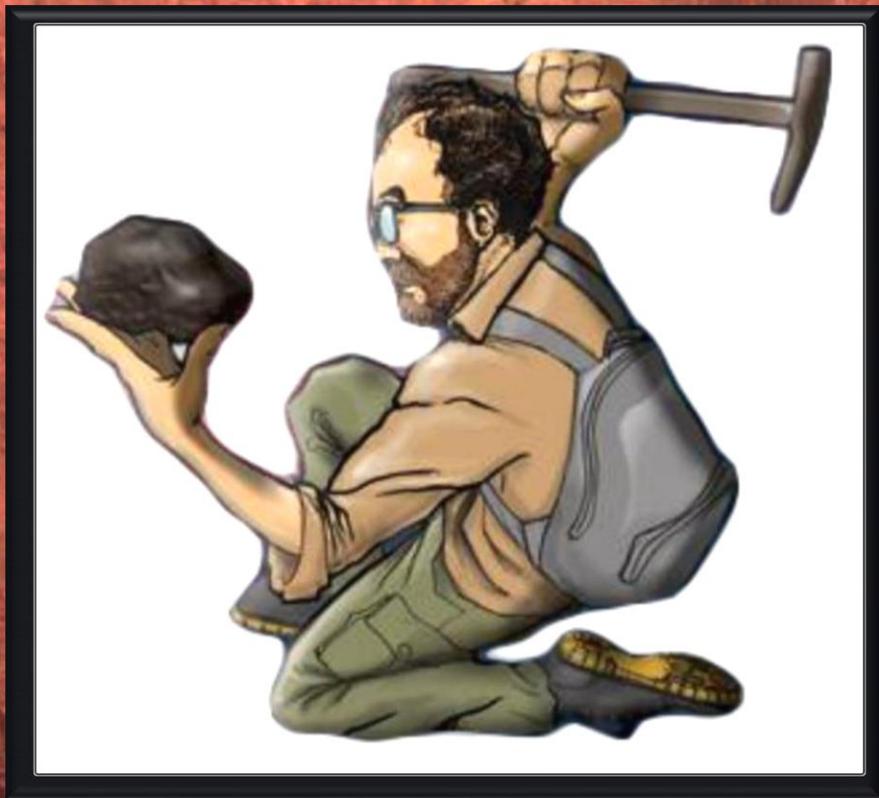
Psyche, se mais

ns

Geólogo

Geobô

?



X



NASA Astrobiology Institute

LIFE IN THE UNIVERSE

Solar System and Beyond:
Our Journey of Discovery

Exoplanet
Biosignatures

EM BUSCA DE VIDA NO UNIVERSO:

ASTROBIOLOGIA E ASTROGEOLOGIA

Mars: *NASA's Journey to Mars*
Habitability
of Early Mars

Icy Worlds:
Habitability
Detection

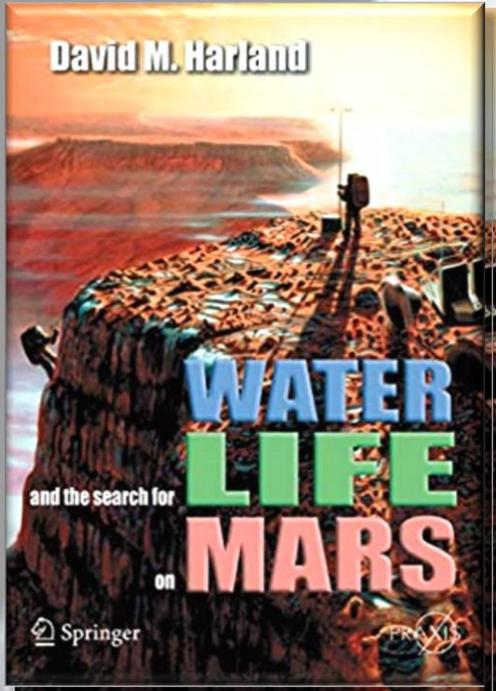
Origin and
Nature of Life,
Co-evolution
with Planet Earth

Global Partnerships Employing
Collaborative Technologies

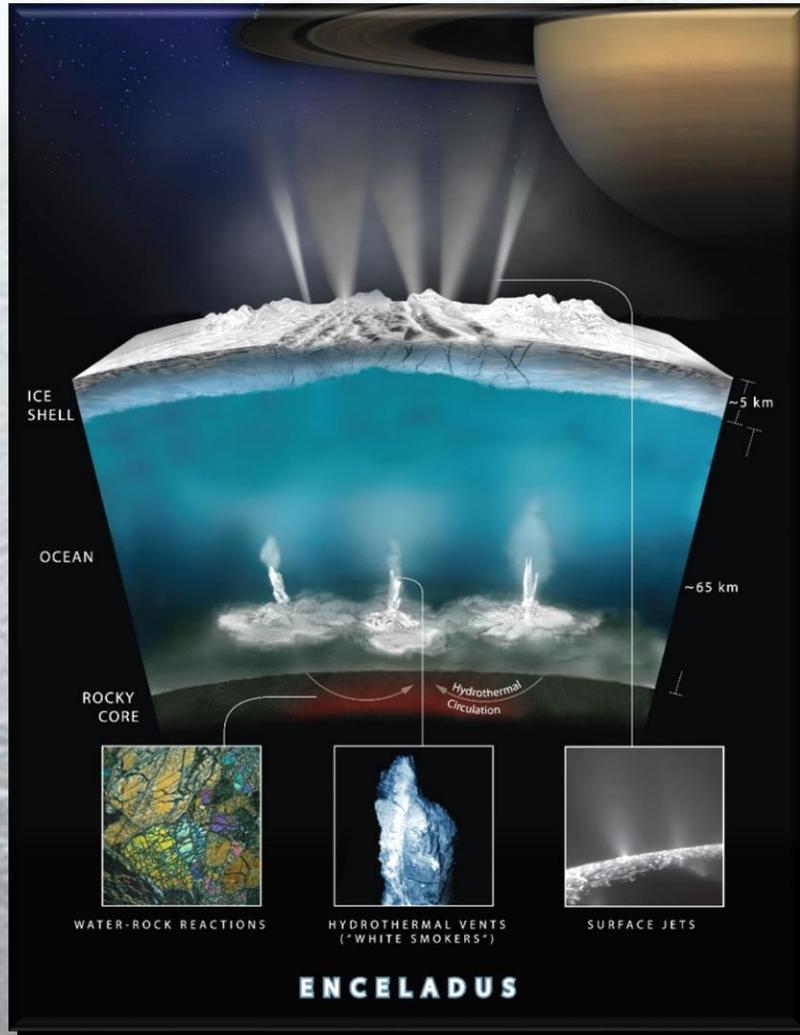
NAI: the Community



EM BUSCA DE VIDA EM OUTROS MUNDOS: ÁGUA



A indissociabilidade entre Água e Vida



A estrutura de um mundo oceânico

OCEAN WORLDS

THE SEARCH FOR OCEAN WORLDS IN THE SOLAR SYSTEM AND BEYOND

- EARTH**
 - Distance: 1 AU
 - Age: 4.5 BY
 - Activity: ACTIVE
- CERES**
 - Distance: 2.7 AU
 - Age: 4.5 BY
 - Activity: PASSIVE
- EUROPA**
 - Distance: 5.2 AU
 - Age: 4.5 BY
 - Activity: ACTIVE
- GANYMEDE**
 - Distance: 5.2 AU
 - Age: 4.5 BY
 - Activity: LOCKED
- CALISTO**
 - Distance: 5.2 AU
 - Age: 4.5 BY
 - Activity: LOCKED
- ENCELADUS**
 - Distance: 9.5 AU
 - Age: 4.5 BY
 - Activity: ACTIVE
- TITAN**
 - Distance: 9.5 AU
 - Age: 4.5 BY
 - Activity: LOCKED
- MIAS**
 - Distance: 10.5 AU
 - Age: 4.5 BY
 - Activity: PASSIVE
- TRITON**
 - Distance: 30.1 AU
 - Age: 4.5 BY
 - Activity: PASSIVE
- PLUTO**
 - Distance: 39.5 AU
 - Age: 4.5 BY
 - Activity: PASSIVE

NASA | SPACE CULTURE | SPACEPOLYMERLABS.GOV

Os Mundos Oceânicos do Sistema Solar

COMPOSTOS PRECURSORES DA VIDA

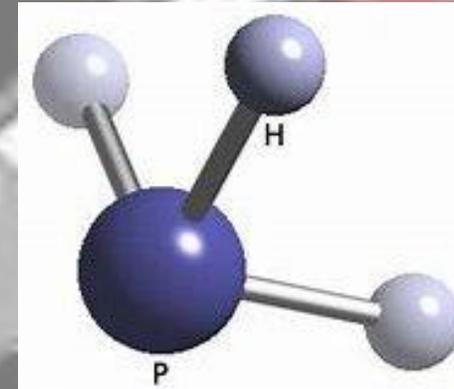
02/10/2020

nature astronomy ARTICLES
<https://doi.org/10.1038/s41550-020-1174-4> Check for updates

Phosphine gas in the cloud decks of Venus

Jane S. Greaves^{1,2}, Anita M. S. Richards³, William Bains⁴, Paul B. Rimmer^{5,6,7}, Hideo Sagawa⁸, David L. Clements⁹, Sara Seager^{4,13,14}, Janusz J. Petkowski⁴, Clara Sousa-Silva⁴, Sukrit Ranjan⁴, Emily Drabek-Maunder¹⁰, Helen J. Fraser¹¹, Annabel Cartwright¹, Ingo Mueller-Wodarg⁹, Zhuchang Zhan⁴, Per Friberg¹², Iain Coulson¹², E'Lisa Lee¹² and Jim Hoge¹²

Measurements of trace gases in planetary atmospheres help us explore chemical conditions different to those on Earth. Our nearest neighbour, Venus, has cloud decks that are temperate but hyperacidic. Here we report the apparent presence of phosphine (PH₃) gas in Venus's atmosphere, where any phosphorus should be in oxidized forms. Single-line millimetre-waveband spectral detections (quality up to $\sim 15\sigma$) from the JCMT and ALMA telescopes have no other plausible identification. Atmospheric PH₃ at ~ 20 ppb abundance is inferred. The presence of PH₃ is unexplained after exhaustive study of steady-state chemistry and photochemical pathways, with no currently known abiotic production routes in Venus's atmosphere, clouds, surface and sub-surface, or from lightning, volcanic or meteoritic delivery. PH₃ could originate from unknown photochemistry or geochemistry, or, by analogy with biological production of PH₃ on Earth, from the presence of life. Other PH₃ spectral features should be sought, while in situ cloud and surface sampling could examine sources of this gas.



26/10/2020

Home | SpaceRef | NASA Watch | SpaceRef Business | SpaceQ

astrobiology web

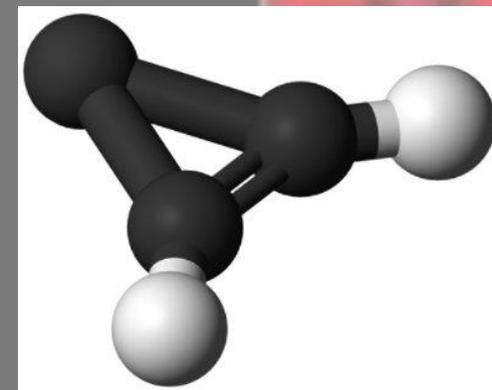
WHAT IS ASTROBIOLOGY? | CONFERENCES | PLANETARY PROTECTION | NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE

MERCURY | VENUS | EARTH | MOON | MARS | JUPITER | SATURN | PLUTO | ASTEROIDS & COMETS

Detection Of Cyclopropenylidene On Titan With ALMA

Source: astro-ph.EP | Posted October 26, 2020 11:57 PM | 0 Comments | Nixon, C.A. et al. (2020)

We report the first detection on Titan of the small cyclic molecule cyclopropenylidene (c-C₃H₂) from high sensitivity spectroscopic observations made with the Atacama Large Millimeter/sub-millimeter Array (ALMA).



Compostos orgânicos em meteoritos (bactérias?)



Compostos orgânicos



Vida pré-biótica



Vida (?)



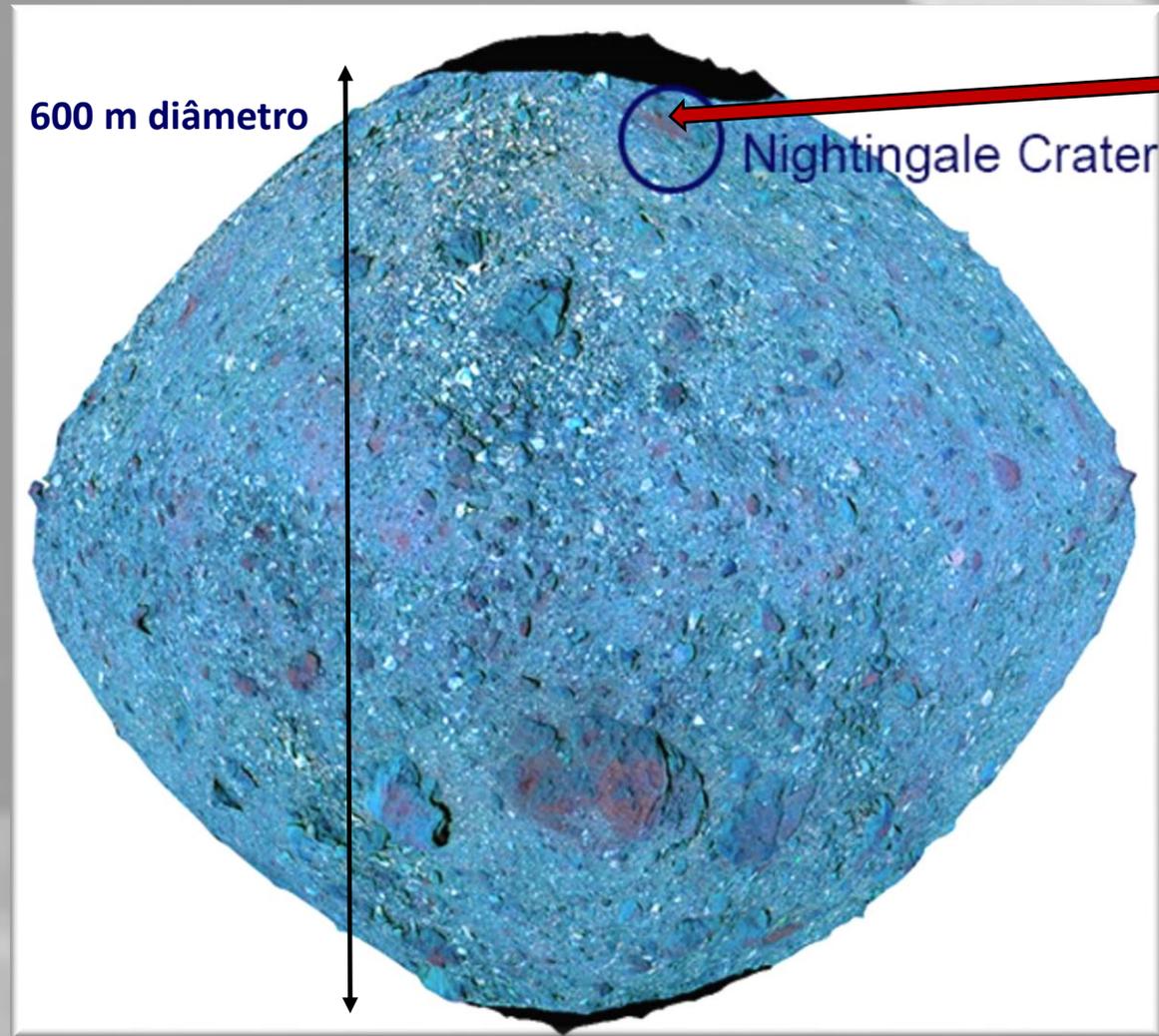
The Allende meteorite, one of the two meteorites that scientists claim to have found proteins in. Image via Wikimedia Commons/ Popular Mechanics.

Meteoritos podem conter informações muito importantes, tais como pistas de como começou a vida na Terra. Diversos compostos orgânicos, incluindo aminoácidos (considerados precursores de vida), já foram encontrados em meteoritos.

Em 1996, cientistas descreveram pela 1ª vez estruturas semelhantes a bactérias fósseis em um meteorito marciano encontrado na Antártida (Allan Hills). Esse meteorito contém ainda carbonato e óxidos de ferro que poderiam ter sido produzidos por bactérias. Essa descoberta, contudo, não foi confirmada.

Em março de 2020 cientistas da U. Harvard declararam ter encontrado pela 1ª vez vestígios de proteínas em dois meteoritos, que posteriormente não foram confirmados.

Exploração do asteroide Bennu (Missão OSIRIS-Rex)



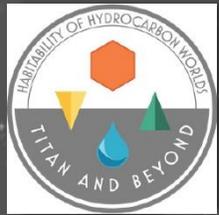
- A amostragem do asteroide Bennu ocorreu no dia 20/10/2020, a 334 milhões de quilômetros da Terra, após a OSIRIS-REx te-lo orbitado e mapeado em detalhe por quase 2 anos.
- Bennu é formado por fragmentos agregados de um ou mais asteroides maiores, destruídos em um evento de impacto de grandes proporções (*rubble pile*).
- Sua composição é similar a dos condritos carbonáceos, ricos em carbono orgânico e em compostos de carbono.
- Esse tipo de rocha é considerado uma “cápsula do tempo”, contendo material original (intacto) do tempo da formação do Sistema Solar (~4,6 Ga), ou até mesmo mais antigo*.
- Bennu tem uma chance remota (1:2.700) de se chocar contra a Terra no final do Século 22, daí o interesse em estudá-lo em detalhe.

Exploração do asteroide Bennu (Missão OSIRIS-Rex)



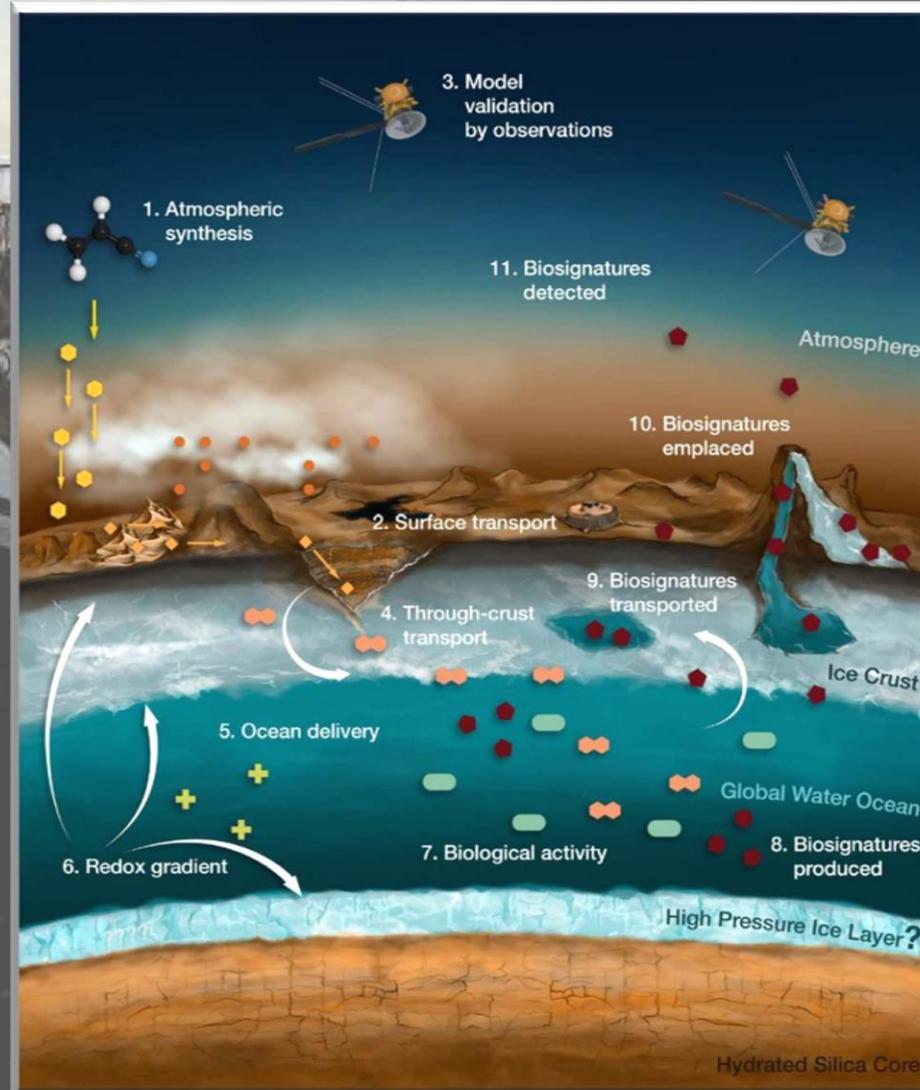
- A coleta da amostra se deu por meio de braço robótico, tendo em sua extremidade um cabeçote amostrador.
- O amostrador “tocou” a superfície do asteroide por 6 s, expelindo gás comprimido e aspirando as partículas levantadas pelo jato.
- A ousada manobra foi feita com êxito e foi confirmado que o mínimo de amostragem planejado (60 g) foi atingido.
- O local da amostragem foi a cratera de Nightingale, que abriu uma “janela” e possibilitou a coleta de material situado abaixo do regolito.
- A nave irá então retornar à Terra em 2023 carregando a amostra para ser analisada em busca de pistas da história do Sistema Solar e do Universo.

“CONDIÇÕES DE DESENVOLVIMENTO EM MUNDOS COM HIDROCARBONETOS: TITÃ E ALÉM”



Projeto ligado ao
NASA Instituto de
Astrobiologia (NAI),
coordenado pela
Dra. Rosaly Lopes e
Mike Malaska
JLP/NASA/Caltech

Titã é o 2º maior satélite natural (lua) do Sistema Solar, com diâmetro de >5 mil km

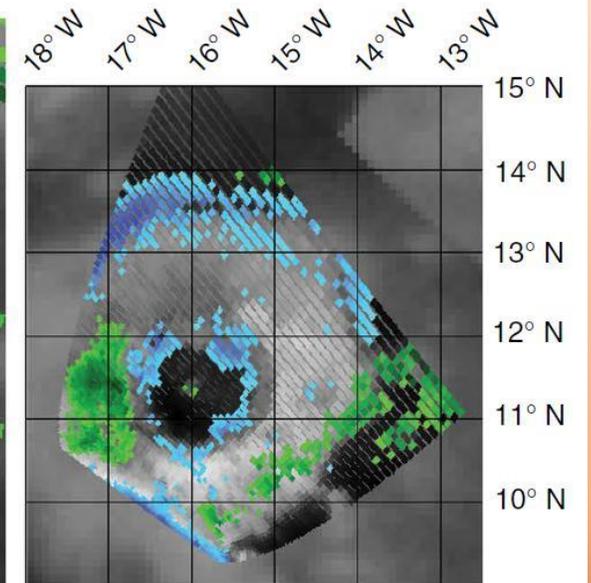
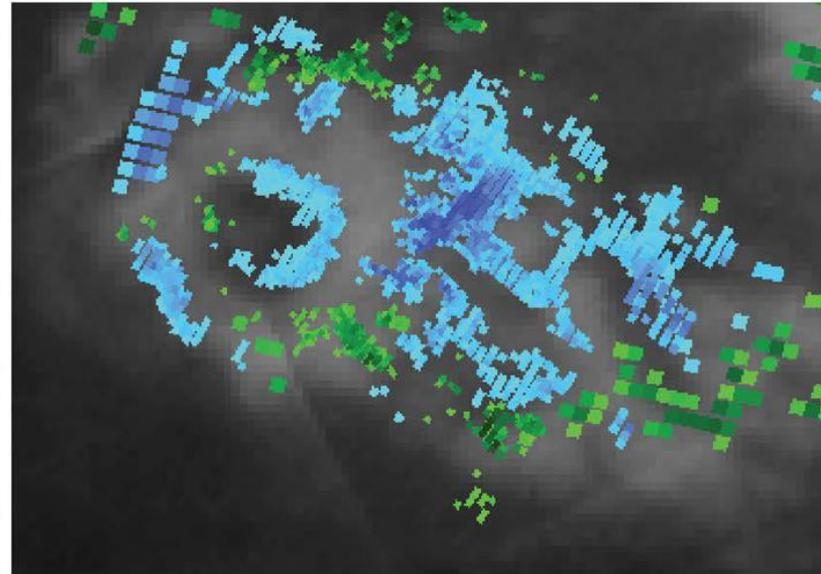
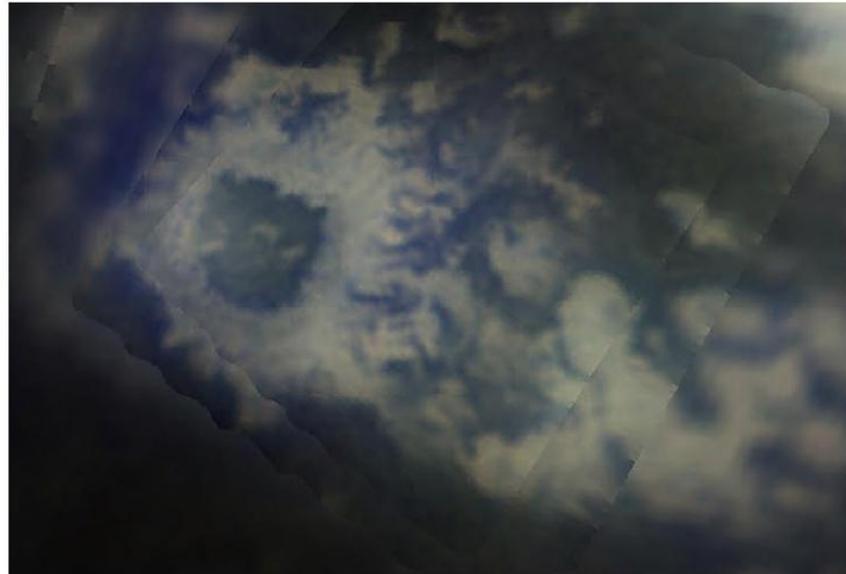


- ◆ Surface Sediments
- Atmospheric Fallout
- Potential Life
- + Inorganic Ions
- ◆ Delivered Organics
- Volatile Methane
- ◆ Potential Chemical Biosignatures



Crateras de impacto e água em Titã

- As pesquisas do projeto NAI indicaram que existe água em áreas no entorno de crateras de impacto, como Menrva (d=425 km), Sinlap (d=80 km) e **Selk** (d=90 km).



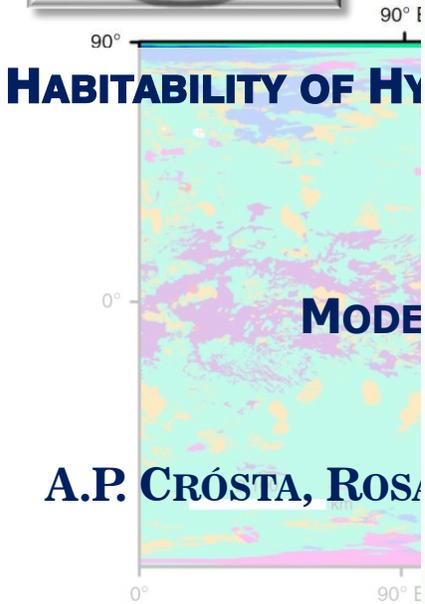
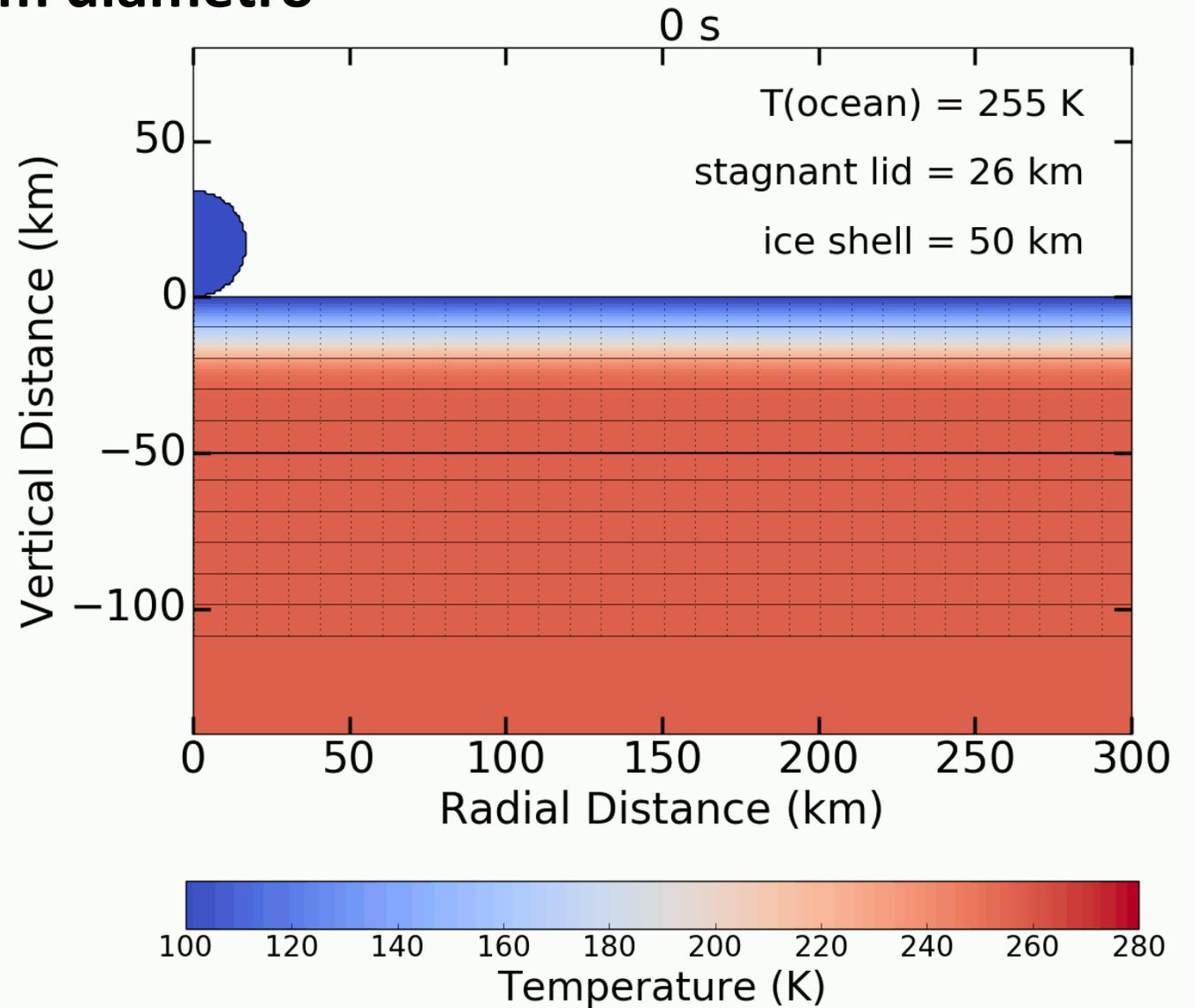
Áreas com H₂O



Áreas com pouca H₂O



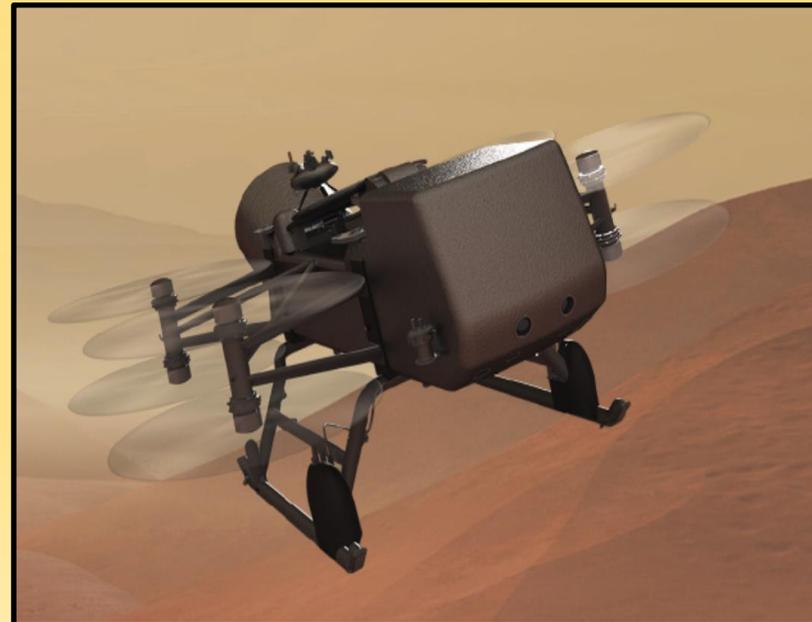
Asteroide com 34 km diâmetro Impacto a 7 km/s





O RETORNO A TITÃ: *DRAGONFLY*

Dragonfly é uma missão que pousará em Titã em 2034 e irá coletar amostras para determinar a composição da superfície de Titã. O conceito usado é revolucionário e inclui o uso de um drone para voar sobre Titã, pousando em locais pré-determinados, selecionados a partir das características geológicas e da composição química. O objetivo é buscar indícios de vida pré-biótica baseada em água ou em hidrocarbonetos.





Jet Propulsion Laboratory
California Institute of Technology



À Dra. Rosaly Lopes, Astrônoma e Astrogeóloga, que trabalha há mais de três décadas no Jet Propulsion Laboratory da NASA/ Caltech.

A Dra. Rosaly tem servido de modelo e inspiração a jovens de todo o mundo interessados em seguir a carreira científica.

Ela fará uma das Palestras Magnas do 50º Congresso Brasileiro de Geologia este ano, em Brasília.



#+MulheresnaCiência